Lane Medical Library
STANFORD UNIVERSITY
JUL 25 1939
LIBRARY

Aus der Chirurgischen Klinik der Ludwigs-Universität Gießen
(Stellv. Direktor Prof. Dr. F. Bernhard)

Ursachen und Behandlung der Pseudarthrosen der langen Röhrenknochen.

Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der Medizinischen Fakultät

der

Ludwigs-Universität zu Gießen

vorgelegt von

Arnold Bernhammer

aus Nieder-Meilingen

Gießen 1938.

Buchdruckerei Richard Mayr, Würzburg

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät Gießen.

Referent:
Prof. Dr. F. Bernhard

Die zunehmende Häufigkeit der Pseudarthrosenbildung, welche durch die neuen Statistiken nachgewiesen werden konnte, verpflichtet den Arzt und insbesondere den Chirurgen zur Forschung nach den Ursachen und zur Prüfung der vielen vorgeschlagenen Behandlungsverfahren. Diese Forderung ist umso dringlicher, als es sich bei den Patienten fast durchweg, abgesehen von den Fällen mit Schenkelhalsfraktur, um junge und sonst gesunde Menschen handelt, die mitten im Berufsleben stehen, und die durch das Auftreten einer Pseudarthrose mehr oder minder zu Invaliden werden, zumindest aber, wenn es sich nicht um eine ganz straffe Pseudarthrose handelt, in ihrer Erwerbsfähigkeit erheblich behindert sind. Eine erfolgreiche Therapie dieses Zustandes bedeutet also nicht nur eine Hilfe für das einzelne Individuum, sondern zugleich auch eine Entlastung der betreffenden Versicherung und somit letzten Endes eine Hebung des Volksvermögens.

Der Prozentsatz der bei Frakturen zur Beobachtung kommenden Pseudarthrosen schwankt nach v. Redwitz zwischen 0,5 und 4%. Daß sich hierüber keine genauen Angaben machen lassen, liegt vor allem daran, daß die Statistiken nicht die Gesamtzahl der Frakturen erfassen, die in der Allgemeinpraxis und den Krankenhäusern behandelt werden. Über die Frage, welche Skelettabschnitte am häufigsten von einer Pseudarthrose befallen werden, gingen lange Zeit die Meinungen auseinander. Man ist heute der Ansicht, daß es besonders die von zwei Knochen gebildeten Extremitätenabschnitte, also Unterarm und Unterschenkel sind, welche bevorzugt zur Pseudarthrosenbildung neigen.

Brand sah unter 147 Fällen 39 Unterarm- und 48 Unterschenkelpseudarthrosen. Wir können diese Beobachtung bestätigen. Unter 29 in den letzten Jahren von uns behandelten Pseudarthrosen beobachteten wir 9 Pseudarthrosen des Unterarms und 10 des Unterschenkels. Die auffällige Tatsache, daß es am häufigsten Männer im besten Alter sind, die von einer Pseudarthrose befallen werden, zwingt uns zu dem Schluß, daß sich gerade in diesem Lebensabschnitt der Körper in einem Zustand befindet, der die Entstehung

einer Pseudarthrose begünstigt. Es liegt nahe, innersekretorische Zusammenhänge für das gehäufte Auftreten der Pseudarthrosen in diesem Lebensalter verantwortlich zu machen, denn die zahlreichen anderen als ursächlich angeschuldigten Momente sind vom Alter vollkommen unabhängig. Es soll jedoch nicht bestritten werden, daß auch andere Momente, die vom Lebensalter unabhängig sind, zu einer Pseudarthrosenbildung führen können.

Die Klärung der Ursache ist natürlich von größter Wichtigkeit, denn der Weg zu einer wirklich befriedigenden Therapie muß hier wie bei allen anderen Krankheitsbildern mit der Ergründung der Ursachen beginnen, die für das Auftreten einer Pseudarthrose verantwortlich zu machen sind, bzw. deren Entstehung begünstigen. Jedoch schon hier an dem Fundament einer wirklich kausalen Therapie zeigt es sich, daß über den Entstehungsmechanismus, der zur Pseudarthrosenbildung führt, noch keineswegs Klarheit herrscht. Zwar mangelt es nicht an Theorien, welche die Entstehung der Pseudarthrosen erklären sollen, jedoch halten sie entweder einer eingehenden Kritik nicht stand und stehen oft geradezu im Gegensatz zu den Erfahrungstatsachen, oder sie stellen lediglich ein begünstigendes Moment dar.

Hohes Alter, Konstitution und fehlerhafte Ernährung sollen die Pseudarthrosenbildung begünstigen. Nach Ansicht Böhlers kann hierdurch wohl die Callusbildung verzögert werden, es kommt aber nicht zur Bildung einer Pseudarthrose. Dies deckt sich durchaus mit unseren eigenen Erfahrungen. Außer nach Schenkelhalsbrüchen sahen wir bei alten Leuten nie das Auftreten einer Pseudarthrose, aber auch hier zeigte sich, daß dieses Ereignis infolge der modernen Behandlungsmethoden, insbesondere des Whitman-Gipses zur Seltenheit geworden ist. Diese auffallende Besserung der Behandlungserfolge zwingt uns zu dem Schluß, daß die Ursache der früher so häufigen Schenkelhalspseudarthrosen nicht in dem hohen Alter der Betroffenen, sondern in der unsachgemäßen Behandlung zu suchen war. An den langen Röhrenknochen konnten wir bei alten Menschen im Gegenteil oft eine überraschend schnelle und ausgiebige Callusbildung beobachten, die zu einer knöchernen Heilung der Brüche führte. Alle Einzelfälle, die dieser Erfahrung zugrunde liegen, reichen jedoch nicht aus, den Beweis für das Gesagte zu erbrin-

gen. Nur besonders auffallende Beispiele können hier als Hinweis gebracht werden. Die oft überraschend schnelle Heilung der Brüche der großen Röhrenknochen bei alten Leuten zeigt z. B. folgende Krankengeschichte:

Oberschenkelbruch am 31. 7. 1936 durch Sturz in der Scheune. Eine Woche später am 8. 8. 1936 Aufnahme in die Klinik. Der Patient befindet sich bereits im 78. Lebensjahr und in einem stark reduzierten Allgemeinzustand. Da ihm nur wenig zuzumuten war, wurde lediglich eine Heftpflasterextension angelegt. Am 2. 10. 1936, also nach rund 4 Wochen war der Bruch völlig fest. Patient stand auf, das Bein war gut belastungsfähig. Das Röntgenbild zeigte kräftige Callusbildung. Am 8. 10. Entlassung nach Haus.

Von anderen Beispielen läßt sich absehen, denn wir können gegen die Behauptung, daß hohes Alter die Pseudarthrosenbildung begünstige, kein besseres Argument anführen als die Erfahrung, und diese zeigt uns, daß die Pseudarthrose nicht bei alten und geschwächten Menschen, sondern fast ausschließlich bei jungen, gesunden und kräftigen Männern auftritt, eine Tatsache, auf die Böhler bereits hingewiesen hat.

Es läßt sich natürlich nicht bestreiten, daß die allgemeine Körperverfassung die Heilungs- und Regenerationsvorgänge, die im Anschluß an eine Fraktur auftreten, weitgehendst beeinflußt. Es ist allgemein bekannt, daß besonders in Bezug auf die Heilungsdauer individuell große Unterschiede festzustellen sind.

Bier und seine Schüler glauben festgestellt zu haben, daß die Verzögerungen der Knochenbruchheilung und Pseudarthrosenbildungen besonders gehäuft bei Leuten vorkommen, die an angeborenen oder erworbenen Konstitutionsanomalien des mesenchymalen Gewebes leiden. Vogel fand angeblich, daß Verzögerungen in der Knochenbruchheilung besonders bei Leuten auftraten, die auch andere Zeichen von Bindegewebsschwäche, wie Belastungsdeformitäten, Hernien, Varicen usw. aufwiesen. Dagegen spricht jedoch die Tatsache, daß man Pseudarthrosen auch häufig bei sonst gesunden und muskelkräftigen, starkknochigen Männern findet, bei denen man keine Zeichen von Bindegewebsschwäche feststellen kann. Oft findet man außerdem Pseudarthrosen, bei denen reichliche Callus-

bildung beweist, daß das mesenchymale Gewebe durchaus leistungsfähig ist. Daß in diesen Fällen trotzdem eine Pseudarthrose auftritt, ist als Beweis dafür anzusehen, daß die sog. Bindegewebsschwäche jedenfalls nicht die einzige Ursache sein kann, die zu einer Pseudarthrosenbildung führt. Es ist ferner öfters beobachtet worden, daß bei mehreren Frakturen alle zum Teil mit reichlicher Callusbildung heilten und nur eine zur Pseudarthrose führte. Von einer konstitutionell bedingten Callusschwäche kann also in diesen Fällen nicht die Rede sein.

Eine besondere Disposition für die Bildung von Pseudarthrosen besitzt zweifellos das männliche Geschlecht. Wie aus neueren Statistiken hervorgeht, werden Frauen höchst selten von einer Pseudarthrose befallen. Diese Tatsache konnten wir auch an unserer Klinik beobachten, wo sich unter 29 wegen einer Pseudarthrose von uns behandelten Patienten nur 3 weibliche Personen befanden.

Oft wird auch der Ernährung ein Einfluß auf die Knochenbruchheilung zugeschrieben. Es ist natürlich, daß eine unzureichende oder einseitige Ernährung nicht ohne Einfluß auf das Knochensystem bleiben kann. Es ist jedoch nicht erwiesen, daß ein Knochen, der infolge Unterernährung eine große Brüchigkeit aufweist, auch schlechter heilt als ein ungeschädigter Knochen. Auch die Tatsache, daß während des Krieges, wo große Teile des Volkes unterernährt waren, die Pseudarthrosenhäufigkeit nicht zunahm, spricht in diesem Sinne.

Von mancher Seite wird mitunter mangelnde Vitaminzufuhr für das Auftreten einer Pseudarthrose verantwortlich gemacht und in diesem Zusammenhange gerne auf die Erfahrung des alten englischen Seefahrers Sir Arthley Cooper hingewiesen, der beobachtete, daß bei seinen Matrosen im Verlauf einer langen Seereise infolge Mangels an frischer Nahrung eine Lockerung alter Knochenbrüche auftrat, die wieder fest wurden, sobald ausreichende Versorgung mit vitaminhaltigen Nahrungsmitteln möglich war. Abgesehen davon, daß derartig extreme Fälle von Vitaminmangel heute nicht mehr vorkommen und auch in den ärmeren Bevölkerungsschichten besonders an den dafür verantwortlich gemachten B- und C-Vitaminen kein Mangel besteht, müßte, wenn Vitaminmangel wirklich eine Ursache für die Pseudarthrosenbildung wäre, diese sich

unter der Wirkung der vitaminreichen Krankenhauskost wieder zurückbilden.

Es ist oft versucht worden, den Einfluß der endokrinen Drüsen auf die Knochenbruchheilung zu klären. Es bestehen keine Zweifel darüber, daß die Inkrete einen weitgehenden Einfluß auf den Knochenauf- und -abbau besitzen. Die Schwierigkeiten, die sich einer Klärung dieser Zusammenhänge entgegenstellen, waren bisher unüberwindbar. Sie sind hauptsächlich in den zwischen den einzelnen Drüsen bestehenden Korrelationen zu suchen. Die Störung in der Funktion einer Drüse wird entweder durch das vikariierende Eintreten anderer Drüsen ausgeglichen, oder es werden auch in anderen Drüsen Störungen ausgelöst, sodaß das ganze endokrine System in Unordnung gerät. Es ist in diesen Fällen natürlich sehr schwer oder geradezu unmöglich, die funktionellen Zusammenhänge zu klären. Diese Schwierigkeiten haben dazu geführt, daß man häufig auf die genaue Lokalisation der primären Störung verzichtete und allgemein von „pluriglandulären" Störungen sprach. Wenn man die Ergebnisse der zur Klärung dieser Zusammenhänge vorgenommenen Untersuchungen vergleicht, so findet man manche Widersprüche, die noch der Aufklärung harren.

Ein Krankheitsbild, das unzweifelhaft auf den Einfluß der endokrinen Drüsen bei der Knochenbruchheilung hinweist, ist die Schwangerschaftspseudarthrose. Daß eine Pseudarthrose während der Schwangerschaft auftritt, kann Zufall sein, aber die Tatsache, daß nach Beendigung oder Unterbrechung der Schwangerschaft, wenn das endokrine System wieder unter normalen Verhältnissen arbeitet, die Mehrzahl der Pseudarthrosen fest werden, weist eindeutig auf die Zusammenhänge zwischen innerer Sekretion und Knochenbruchheilung hin. Z. B. sah Brandes bei einer Osteotomie, die er während der Schwangerschaft vornahm, Ausbleiben der Callusbildung. Erst die Unterbrechung der Schwangerschaft ermöglichte die Callusbildung. Israel konnte bei Meerschweinchen während der Gravidität experimentell Pseudarthrosen erzeugen.

Von besonderem Interesse für die Erforschung des Pseudarthroseproblems ist die Klärung der Zusammenhänge zwischen lokaler Knochenerkrankung und Knochenbruchheilung. Es sei in diesem Rahmen nur auf die häufigsten Kombinationen zwischen lokaler

Knochenerkrankung und Fraktur hingewiesen. Es liegt natürlich nahe, bei einer Fraktur Heilungsstörungen zu erwarten, die einen schon vorher krankhaft veränderten Knochen betrifft. Die Erfahrung lehrt jedoch, daß man in diesen Fällen zuweilen eine geringe Callusbildung und eine verzögerte Bruchheilung beobachtet, aber zu einer Pseudarthrosenbildung kommt es so gut wie nie, so z. B. bei Fraktur und Tuberkulose eines Knochens. In diesem Zusammenhang sei folgende Krankengeschichte angeführt:

44jähriger Mann in gutem Allgemeinzustand. Am 30. 1. 1935 Sturz auf das infolge einer früher durchgemachten Hüftgelenkstuberkulose vollkommen versteifte rechte Bein. Sofortige Einlieferung in die Klinik. Oberschenkel in der Mitte abnorm beweglich, Muskulatur atrophisch, Hüftgelenk völlig versteift. Röntgenaufnahme zeigt: Femur stark aufgehellt, Hüftgelenksankylose, Schrägbruch in Oberschenkelmitte, starke dislocatio ad longitudinem cum contractione. Durch Extension keine befriedigende Bruchstellung, deshalb am 9. 3. 35 blutige Reposition. Zirkulärer Gipsverband. Kontrollaufnahme zeigt gute Stellung der Fragmente. Am 29. 4. 35 beginnende Callusbildung nachweisbar. Am 30. 4. 1935 Entlassung in ambulante Behandlung. Beim Gipswechsel am 12. 6. 1935 ist kräftige Callusbildung zu erkennen, der Bruch federt nur noch wenig. Am 16. 7. 1935 Abnahme des Gipsverbandes, die Bruchstelle ist jetzt völlig fest. Nach vierwöchentlicher medico-mechanischer Behandlung wird der Patient nach Hause entlassen.

Bei Fraktur und Osteomyelitis kann man mitunter ein Aufflackern des osteomyelitischen Prozesses beobachten, zuweilen mit Absceß- und Fistelbildung, aber die der Osteomyelitis eigene reaktive Knochenneubildung kommt schließlich auch dem Bruch zugute und führt zu seiner Konsolidation. Diese Auffassung wird auch durch folgende Geschichte bestätigt:

Es handelt sich um einen kräftigen 27jährigen Landwirt, der seit dem 10. Lebensjahr an einer Osteomyelitis des linken Oberschenkels leidet und deswegen schon dreimal außerhalb operiert wurde. Etwa 6 Wochen vor seiner Einlieferung soll sich die letzte Fistel geschlossen haben. Am 3. 10. 1934 rutschte er beim Holzfahren aus und zog sich eine Fraktur des linken Oberschenkels zu. Am 16. 10. 1934 Einweisung in die Klinik. Der ganze Oberschenkel ist mit alten Nar-

ben bedeckt. Zwei Fisteln sezernieren. Es bestehen die charakteristischen Bruchsymptome. Die Röntgenaufnahme zeigt ausgedehnte Zerstörung des linken Hüftgelenkes. Der Femurkopf fehlt vollständig. Das stehengebliebene Ende des Schenkelhalses zeigt rundliche Knochenwulstungen, die der gegenüberliegenden Gelenkpfanne entsprechen. Es ist ein unregelmäßiger Gelenkspalt sichtbar. Im oberen Abschnitt der Gelenkpfanne ist es zur Neubildung eines Gelenkes gekommen (Pfannenwanderung). Die Compacta des Femurschaftes ist deutlich verdichtet. Innerhalb der Spongiosa befinden sich mehrere rundliche Aufhellungen. Etwa in Femurmitte ist es innerhalb einer derartigen Aufhellung zu einer Querfraktur des Schaftes gekommen. Anlegung eines Heftpflasterzugverbandes. Die Röntgenkontrollaufnahme ergibt befriedigende Stellung der Fragmente. Die Röntgenaufnahme am 4. 12. 1934 zeigt deutliche Callusbildung. Am 5. 12. 1934 Entfernung des Extensionverbandes und Anlegung eines Beckengipses am 7. 12. 34. Am 11. 12. 1934 wird der Patient in ambulante Behandlung entlassen. Die Fisteln wurden mit Unguentolan eingegipst. Gipswechsel am 6. 2. 1935. Die Röntgenaufnahme zeigt gute Callusbildung, die Fraktur federt nur noch wenig. Wegen der weiterbestehenden Osteomyelitis bleibt der Patient in ambulanter Behandlung.

Das Zusammentreffen von Fraktur mit Knocheneiterung finden wir ja schließlich bei jeder infizierten und nicht primär heilenden komplizierten Fraktur. Ist die Eiterung erheblich, so bleibt die Callusbildung entweder ganz aus, oder sie ist sehr gering. Die knöcherne Heilung des Bruches tritt erst ein, wenn die Infektion beherrscht ist durch Sorge für guten Eiterabfluß und absolute Ruhigstellung, sowie gegebenenfalls durch Entfernung von Knochensplittern oder Sequestern.

T i m p e hatte Gelegenheit einen Knochenbruch bei generalisierter Ostitis fibrosa zu sehen: es handelt sich um ein etwas blasses, aber kräftiges Mädchen im Alter von 6 Jahren, das sich durch einen Sturz auf die rechte Seite eine Fraktur des rechten Oberschenkels mit Abbruch des Trochanter minor zugezogen hatte. Wie die Röntgenaufnahme ergab, war der frakturierte Oberschenkel vollkommen porotisch und enthielt zahlreiche verschieden große zystische Aufhellungen. Außerdem bestanden bei dem Kinde innersekretorische

Störungen, die durch regelmäßige menstruelle Blutungen, sowie durch die Ausbildung der sekundären Geschlechtsmerkmale zum Ausdruck kamen. Der mit Gipsverbänden behandelte Oberschenkelbruch heilte in normaler Zeit. Bemerkenswert ist, daß ein im Alter von 5 Jahren erfolgter Bruch desselben Oberschenkels, der vom Hausarzt behandelt wurde, ebenfalls komplikationslos verheilte.

Wir beobachteten eine Spontanfraktur bei einer bestehenden Ostitis fibrosa localisata:

8jähriger Junge in gutem Allgemeinzustand. Beim Ballwerfen verspürte er plötzlich ein Knacken und heftige Schmerzen im rechten Oberarm. Einlieferung am 30. 4. 1936. Bei der Aufnahme waren am rechten Oberarm die typischen Bruchsymptome feststellbar. Die Röntgenaufnahme läßt einen Flötenschnabelbruch etwas unterhalb einer etwa pflaumengroßen Cyste erkennen. Anlegung eines Streckverbandes. Die Kontrollaufnahme am 20. 5. 1936 zeigt starke Callusbildung bei guter Stellung der Fragmente. Am 25. 5. 1936 Entfernung des Streckverbandes. Der Bruch ist völlig fest. Entlassung am 28. 5. 36.

Nach unseren Beobachtungen hat die Ostitis fibrosa keinen wesentlichen Einfluß auf die Bruchheilung, denn alle Brüche wurden in normalen Zeitgrenzen fest, selbst wenn die Brüche direkt durch die Knochenhöhlen verliefen. Eine Pseudarthrosenbildung haben wir nie gesehen. Ein Urteil über den Verlauf der Bruchheilung bei Rachitis und Osteomalacie konnten wir uns nicht bilden, weil wir dieses Zusammentreffen dank des fast völligen Verschwindens dieser Krankheiten nicht beobachten konnten. Brand hat jedoch beobachtet, daß selbst im floriden Stadium der Rachitis die Frakturen mit reichlicher Callusbildung heilten.

Die Knochen- und Gelenkveränderungen bei manchen Nervenkrankheiten beweisen, daß Zusammenhänge zwischen Nervenfunktion und Knochengewebe bestehen. Bei Lähmung des motorischen Anteils kommt es zur sog. Inaktivitätsatrophie, während bei sensibler Lähmung die dauernden traumatischen Schädigungen infolge Fortfalls der Schmerzempfindung sicherlich eine Rolle spielen, wenn man auch manche Knochenveränderungen, wie z. B. das Charcot'-

sche Gelenk nicht auf diese Weise erklären kann. Vasomotorische Störungen können über das Gefäßsystem Stoffwechselstörungen am Knochen hervorrufen. Über diese Zusammenhänge herrscht noch keine befriedigende Klarheit. Während manche Autoren behaupten, Nervenschädigung habe eine verzögerte Knochenbruchheilung im Gefolge, konnten andere keine wesentlichen Nachteile feststellen. Wir selbst beobachteten erst vor kurzem einen Mann, der sich an einem gelähmten Oberarm eine Fraktur zugezogen hatte, und deren Heilung, wie folgende Krankengeschichte beweist, in keiner Weise von der Norm abwich oder gar eine Pseudarthrose zur Folge hatte:

Am 18. 10. 1937 Sturz auf den linken Arm. Der Patient hatte nur geringe Schmerzen. Am 19. 10. 1937 Aufnahme in die Klinik. Es handelt sich um einen 64jährigen Mann in befriedigendem Allgemeinzustand. Der linke Arm hängt schlaff herab und fühlt sich kühl an. Die Muskulatur ist atrophisch, die Sensibilität sowie die Schmerzempfindung sind stark herabgesetzt. Wie der Patient angibt, hatte er 1912 einen Unfall, bei dem er eine Fraktur des linken Oberarms mit Nervenzerreißungen davontrug. Seit dieser Zeit sei der Arm gelähmt. Die Röntgenaufnahme zeigt einen atrophischen Oberarmknochen mit einer alten Frakturnarbe im oberen Drittel. Dicht unterhalb der alten Frakturstelle ist eine querverlaufende Frakturlinie sichtbar. Gute Stellung der Fragmente. Es wird ein Heftpflasterzugverband angelegt. Nach 6 Wochen, am 1. 12. 1937 Abnahme des Verbandes. Der Bruch federt nur noch ganz wenig. Am 7. 12. 1937 Entlassung nach Haus.

Eine andere Krankengeschichte spricht in gleicher Richtung:

74jähriger Mann in gutem Kräfte- und Ernährungszustand. Am 27. 8. 1936 glitt der Patient aus und fiel auf den linken Arm. Am 2. 9. 1936 Einlieferung in die Klinik. Der linke Arm ist infolge einer Hemiplegia partialis im Jahre 1931 gelähmt. Die Muskulatur ist atrophisch. Die Röntgenaufnahme zeigt einen Oberarmkopfbruch mit seitlicher Verschiebung und Verkürzung. Es wird ein Heftpflasterextensionsverband in seitlicher Abduktion angelegt. Die Kontrollaufnahme zeigt befriedigende Stellung der Fragmente. Behandlung der gleichzeitig bestehenden Hypertonie. Die Aufnahme

am 24. 9. 1936 läßt beginnende Callusbildung erkennen. Der Bruch federt noch etwas. Am 25. 9. 1936 Entlassung nach Hause.

Wenn auch diese beiden Fälle natürlich nicht als Beweis gegen den nachteiligen Einfluß des erkrankten Nervensystems auf die Knochenbruchheilung gelten können, so decken sie sich doch immerhin mit der allgemein verbreiteten Ansicht, die dem Nervensystem einen wesentlichen Einfluß auf die Knochenbruchheilung abspricht.

Daß gerade diejenigen Knochenabschnitte, die eine schlechte Blutversorgung aufweisen, z. B. Schenkelhals, Navikulare und Unterschenkel (ulcus cruris) bevorzugt von einer Pseudarthrose befallen werden, weist auf die Wichtigkeit der Blutversorgung für die Knochenbruchheilung hin. Daß reichliche Blutversorgung die Callusbildung günstig beeinflußt, wurde auch durch Lexer mit Hilfe von Tierversuchen bestätigt, indem er die Arterien frakturierter Extremitäten durch Sympathektomie erweiterte und hierdurch raschere Callusbildung erzielen konnte. Es ist oft versucht worden, aus dieser Erkenntnis Nutzen für die Knochenbruchbehandlung zu ziehen und durch Sorge für eine gute Durchblutung eine raschere Konsolidation des Bruches herbeizuführen. Jedoch sind die Ansichten über den Nutzen der Sympathektomie in der Frakturbehandlung durchaus nicht eindeutig. W. Felix konnte in über der Hälfte der von ihm angestellten Versuche eine Beschleunigung der Regeneration auf der Seite der Sympathicusentnahme feststellen, die er auf die entstehende Hyperämie zurückführt. Lexer selbst hält die Behandlung der Pseudarthrosen durch Sympathektomie für zwecklos, da die raschere Callusbildung, die er einerseits beobachten konnte, von verstärkten Abbauerscheinungen andererseits begleitet war, die zu einer Verzögerung der Callusfestigung führten. Dem Ausfall einzelner Gefäße wird zweifellos eine zu große Bedeutung in der Pseudarthrosenentstehung zugemessen. Brodie sah in Tierversuchen, daß die Heilung von Unterschenkelbrüchen nach Unterbindung der A. femoralis nur ein bis zwei Wochen verzögert war. Die Behinderung der Blutzufuhr auf diese Weise wird durch Ausbildung eines Collateralkreislaufes baldigst ausgeglichen.

Nach dieser Betrachtung mehr allgemeiner Natur kommen wir zur Erörterung der lokalen, an der Bruchstelle selbst herrschenden Ver-

hältnisse, die eine bedeutende, vielleicht die wichtigste Rolle bei der Pseudarthrosenentstehung spielen.

Vielfach wird eine ungünstige Lage der Fragmente infolge mangelhafter Reposition als Ursache der Pseudarthrose angesehen. Wir konnten jedoch beobachten, daß eine Pseudarthrose gerade bei Brüchen mit guter anatomischer Stellung auftrat, dagegen zeigten die wegen unbefriedigender Stellung eingewiesenen Frakturen nie eine Pseudarthrose, sondern waren im Gegenteil nach kurzer Zeit schon unter reichlicher Callusbildung fest, sodaß die Stellung der Brüche nur durch operative Eingriffe gebessert werden konnte. Bei allen Pseudarthrosen, die in den letzten Jahren in unserer Behandlung waren, bestand eine ausgesprochen gute Stellung der Brüche.

Wenn man die verschiedenen Statistiken durchsieht, so kann man große Unterschiede in der Häufigkeit der Pseudarthrosen in den einzelnen Krankenhäusern feststellen. Es gibt Krankenhäuser, in denen die Pseudarthrosen gehäuft auftreten, und solche, in denen sie zu den Seltenheiten gehören. Man hat dabei den Eindruck, daß die Pseudarthrosen gerade in den Krankenhäusern häufig zu beobachten sind, in denen man auf eine anatomisch exakte Reposition Wert legt. Dieser Eindruck läßt sich natürlich nur sehr schwer beweisen, denn hierzu wären eingehende Untersuchungen in mehreren Krankenhäusern über eventuelle Beziehungen zwischen anatomischer Bruchstellung und Pseudarthrosenbildung notwendig. Wir konnten wiederholt eine verzögerte Bruchheilung gerade dann eintreten sehen, wenn die Erzielung einer günstigen anatomischen Stellung schwierig war und wiederholte Repositionsversuche in den ersten zwei Wochen nach Eintritt der Fraktur unternommen wurden. Das Ergebnis war wohl eine gute Frakturstellung, aber auch eine verzögerte Heilung.

Diese Erfahrung hat vielleicht ihre Ursache darin, daß die Ruhigstellung des Bruches durch die wiederholten Repositionsversuche unterbrochen wurde. Auch Böhler macht für das Zustandekommen einer Pseudarthrose bei manchen Bruchformen eine zu kurze und zu häufig unterbrochene Ruhigstellung verantwortlich. Sicher trifft dies bei der Navikularfraktur an der Hand zu. Bei Brüchen des Unterschenkels und besonders bei denen der Tibia im unteren

Drittel oder zwischen unterem und mittlerem Drittel können wir aber eine Pseudarthrosenbildung auch bei exaktester Ruhigstellung des Bruches vom ersten Tage an beobachten. Der günstige Einfluß der absoluten Ruhigstellung auf die Knochenbruchheilung ist allerdings auch heute noch nicht allgemein anerkannt, und die Gegner dieser Behandlungsmethode führen als wichtigstes Gegenargument die Tatsache ins Feld, daß auch Frakturen, die ohne ruhigstellenden Verband nur medicomech. behandelt wurden, so wie solche des Wildes, das ohne Behandlung sich selbst überlassen ist, sehr schnell heilen. Diese Erfahrung soll nicht bestritten werden. Jedoch wird hierbei meist die Tatsache außer Acht gelassen, daß auch die Natur in der Lage ist, durch reflektorische Muskelkontraktion ein gebrochenes Glied zu fixieren. Da jedoch häufig durch diese muskuläre Fixation die Fragmente in einer ungünstigen Stellung ruhiggestellt werden, muß an ihre Stelle eine künstliche Fixation in anatomisch exakter Stellung treten. Dabei muß die muskuläre Fixation überwunden und die Fraktur in günstiger Lage durch Verbände festgehalten werden. Die Forderung wird oft nur sehr unvollkommen erfüllt, da häufig der Verband nicht in der Lage ist, entgegen dem Muskelzug die Bruchenden in gewünschter Stellung zu fixieren, sodaß Bewegungen im Bruchspalt vorkommen können. Lexer ist der Ansicht, daß ständige Bewegungen einer Bruchstelle eine Pseudarthrose nicht hervorrufen können, wenn sie einen frischen Knochenbruch betreffen, dessen callusbildende Gewebe gut ernährt werden. Anders sei es jedoch, wenn infolge einer Störung der Bruchhyperämie der nachgiebig bleibende und keiner spezifischen Umbildung fähige Callus mechanischen Einflüssen ausgesetzt wird. In diesen Fällen soll sich eine Pseudarthrose entwickeln können.

Worauf ist nun die eingangs bereits erwähnte Zunahme der Pseudarthrose zurückzuführen? Jedenfalls ist die Zahl der Frakturen im Zusammenhang mit der Zunahme des Verkehrs und der Industrialisierung gestiegen, sodaß rein zahlenmäßig auch die Zahl der Pseudarthrosen zunehmen muß. Es hat jedoch den Anschein, daß diese Zunahme eine nicht nur rein zahlenmäßige ist, sondern daß auch der Prozentsatz derjenigen, welche von einer Pseudarthrose befallen werden, gestiegen ist. Während noch Bruns bei ½% der Knochenbrüche Pseudarthrosen auftreten sah, gibt Scudder eine

Häufigkeit von 2—3% und Hey Groves sogar eine solche von 4—5% an.

Besonders oft ist es die Drahtextension, die als Ursache für die Pseudarthrosenbildung angeschuldigt wird. Die durch die Extension entstehende Diastase der Bruchenden soll das Zustandekommen der Pseudarthrosen begünstigen. Hiergegen muß eingewendet werden, daß, wie bereits erwähnt wurde, gerade Brüche mit einer schweren Dislokation, bei denen ja schließlich auch eine Diastase der Bruchenden vorliegt, oft eine überraschende Heilungstendenz erkennen lassen und mit einem massiven Callus ausheilen. In diesem Zusammenhange verdient folgende Krankengeschichte Beachtung:

Es handelt sich um einen 26jährigen gesunden Mann. Am 25. 5. 1936 schwerer Trümmerbruch des rechten Oberschenkels mit einem großen Defekt von etwa 10 cm Länge. Gleichzeitig Splitterbruch der linken Tibia. Der Oberschenkelbruch war durch eine große Weichteilwunde kompliziert. Beide Frakturen wurden nach primärer Wundversorgung ruhiggestellt. Primäre Heilung der Wunden. Am 17. 8. 1936, also nach etwa 10 Wochen, waren beide Brüche fest. Im Röntgenbild ist massive Callusbildung zu erkennen.

Hier hat also eine riesige Diastase von 10 Centimeter Länge vorgelegen, wie sie selbst durch die gewaltsamste Extension niemals entstehen könnte. Es ist trotzdem nicht zur Bildung einer Pseudarthrose gekommen, sondern der ganze Defekt wurde im Gegenteil durch einen riesigen Callus überbrückt. Es ist nicht einzusehen, daß, wenn es bei einer derartigen Diastase zu einer komplikationslosen Heilung kommt, eine Diastase von nur wenigen Millimetern, wie sie eine Extension hervorrufen kann, zu einer Pseudarthrosenbildung führen soll.

Ebensowenig ist es wahrscheinlich, daß die Röntgenstrahlen einen schädigenden Einfluß auf die Knochenbruchheilung ausüben, und daß dieser schädigende Einfluß bei wiederholt angefertigten Röntgenaufnahmen zu einer Pseudarthrosenbildung führen soll.

Dem widerspricht, daß gerade bei Brüchen, die wegen einer schlechten Bruchstellung oder einer schwierigen Reposition häufig geröntgt werden mußten, wie z. B. am Oberschenkel, im allgemeinen keine Pseudarthrosen entstehen. Dagegen führen die von vornherein

gut stehenden Schienbeinbrüche, die nur eine, jedenfalls aber wenige Röntgenaufnahmen erfordern, oft zur Pseudarthrose. Würde die Wirkung der Röntgenstrahlen allein von Einfluß auf die Pseudarthrosenbildung sein, so müßte man dementsprechend die Pseudarthrosen gerade bei denjenigen Frakturen erwarten, die aus irgendwelchen Gründen besonders häufig geröntgt werden müssen. Dies konnten wir jedoch nie beobachten. Die Veröffentlichungen, die den Zusammenhang der Einwirkung der Röntgenstrahlen mit der Pseudarthrose beweisen sollen, erscheinen jedenfalls nicht sehr überzeugend.

Von mancher Seite wird die Verschraubung der Knochenbrüche mittels der Laneschen Platte als ein die Pseudarthrosenbildung begünstigendes Moment angesehen und durch umfangreiche Statistiken, wie sie in Böhlers Buch über die Knochenbruchbehandlung wiedergegeben sind, zu belegen versucht. Böhler selbst, der ebenfalls diese Ansicht vertritt, lehnt aus diesem Grunde die primäre Verschraubung mit einer Laneschen Platte ab. Von unserer Seite kann diese schlechte Erfahrung bei der operativen Knochenbruchbehandlung nicht bestätigt werden. Jedenfalls sahen wir bei der primären Verschraubung der Knochenbrüche nie eine Pseudarthrose auftreten. Wir benutzten im Gegenteil die Lanesche Platte oft in der Pseudarthrosenbehandlung, um die angefrischten Bruchenden in der gewünschten Stellung zu fixieren und sie absolut ruhig zu stellen. Derartige Fälle, bei denen eine Pseudarthrose durch Verschraubung mit einer Laneschen Platte behandelt wurde, sollen später noch beschrieben werden. Es bestand in diesen Fällen bereits eine Pseudarthrose, als die Patienten in unsere Behandlung kamen. Eine Störung der Knochenbruchheilung lag also bereits vor. Wenn die Ansicht, daß die Lanesche Platte einen ungünstigen Einfluß auf die Knochenbruchheilung ausübt, zu Recht besteht, so hätte man erwarten müssen, daß die so behandelten Brüche nie fest würden. Wir konnten aber im Gegenteil feststellen, daß alle mit einer Laneschen Platte behandelten Pseudarthrosen fest wurden.

Daß diese Erklärungsversuche nicht befriedigen können, ergibt sich aus dem bereits Gesagten. Brand ist der Ansicht, daß man bei der Betrachtung des Pseudarthroseproblems die Veränderungen am Knochen selbst zu sehr in den Vordergrund stellt. Er weist dar-

auf hin, daß man, wenn diese lokalen Veränderungen die Ursache der Pseudarthrosenbildung wären, nach Beseitigung der Hindernisse an der Frakturstelle selbst, wie Markhöhlenverschluß, Weichteil- oder Narbeninterposition usw., nie eine neue Pseudarthrose erleben dürfte. Die Tatsache aber, daß es selbst nach Resektion der Pseudarthrose weit im Gesunden und guter Einheilung eines transplantierten Knochenspans an derselben Stelle zur Pseudarthrosenbildung kam, erklärt er mit einer Störung der bewegungsphysiologischen Funktion des betreffenden Gliedes. Da Muskeln, Knochen und Gelenke eine funktionelle Einheit bilden, ist nach seiner Ansicht das Verhalten der Muskulatur und der benachbarten Gelenke für die endgültige Heilung von großer Wichtigkeit, und eine Pseudarthrose entsteht dort, wo durch muskel- oder gelenkmechanische Veränderungen Fragmentbewegungen hervorgerufen werden. Man könnte einwenden, daß diese Funktionsstörung erst durch einen nichtheilenden Knochenbruch hervorgerufen wird, jedoch war es Brand möglich, allein durch Herstellung normaler statisch-bewegungsmechanischer Bedingungen Pseudarthrosen zur Ausheilung zu bringen. Es spricht zweifellos manches für diese Ansicht, und eine Überprüfung der Pseudarthrosen in dieser Richtung wäre sehr interessant.

Zusammenfassend kann man also sagen, daß die Ursache der Pseudarthrosenbildung noch keineswegs geklärt ist, und daß die meisten als ursächlich hierfür angegebenen Gründe nicht sehr überzeugend sind.

Fragen wir uns einmal umgekehrt, wann, d. h. unter welchen Bedingungen wir die Pseudarthrosenbildung beobachten.

Zunächst betrifft die Pseudarthrose, wie bereits erwähnt, ganz überwiegend das männliche Geschlecht und insbesondere kräftige Männer im besten Lebensalter. Hier scheint ohne Frage ein Einfluß des männlichen Geschlechtes und des körperlichen Zustandes eine Rolle zu spielen.

Die Lokalisation des Bruches ist ebenfalls von Bedeutung für die Pseudarthrosenbildung. Besonders bevorzugt werden von der Pseudarthrose die Brüche am Unterarm, insbesondere in der Mitte desselben, und diejenigen am unteren Drittel des Schienbeins befallen. Nach Rehn zeigen besonders die Brüche eine geringe Neigung zur

Heilung, die einen nicht von Muskelansätzen bedeckten Abschnitt des Knochen betreffen. Buresch machte dieselbe Beobachtung. Diese Tatsache dürfte durch die Blutversorgung des Periosts zu erklären sein, das ja bekanntlich von den Muskelarterien versorgt wird. Das nicht vom Muskel bedeckte Periost würde deshalb eine schlechtere Blutzufuhr haben und dadurch relativ schlechte Bedingungen für die Callusbildung bieten. Wahrscheinlich ist aber die Bedeutung der Muskulatur bei der Knochenbruchheilung damit nicht erschöpft, denn Bluterguß, Zellzerfall und fermentative Vorgänge spielen dabei sicher eine, wenn auch bisher ungeklärte Rolle.

Nach unserer Beobachtung scheint die Form der Brüche ebenfalls von Einfluß auf die Bruchheilung zu sein. Wir sahen die Pseudarthrose besonders bei Querbrüchen, mitunter bei Schrägbrüchen auftreten. Hingegen gehören Pseudarthrosen nach Spiralbrüchen oder Zertrümmerungsfrakturen zu den Seltenheiten. Wahrscheinlich hängt dies mit der Größe der Bruchflächen zusammen und kann so gedeutet werden, daß eine Pseudarthrose umso leichter auftritt, je kleiner die Bruchflächen sind.

Ohne Frage spielt die Größe der Knochen bei der Pseudarthrosenbildung eine wichtige Rolle. So beobachtet man z. B. eine Pseudarthrose selten am Wadenbein, dagegen oft am Schienbein. Überhaupt scheinen die großen Röhrenknochen bevorzugt von einer Pseudarthrose befallen zu werden.

Bekannt ist, daß eine Pseudarthrose auftritt, wenn an einem von zwei Knochen gebildeten Extremitätenabschnitt nur ein Knochen bricht, oder wenn der eine Knochen schneller heilt als der andere. Der nichtgebrochene, bzw. schneller geheilte Knochen übt in diesem Falle eine Sperrwirkung auf die anderen Fragmente aus. Eine Heilung ist in solchen Fällen zu erzielen, wenn man den nichtgebrochenen oder zu schnell geheilten Knochen osteotomiert und durch Resektion oder schräge Osteotomie die Sperrwirkung aufhebt.

Betrachten wir den verschiedenen Heilungsverlauf des geschlossenen und des durch Weichteilwunden komplizierten Bruches, so machen wir die Beobachtung, daß der durch Weichteilwunden komplizierte Bruch zwei- bis dreimal so lange zur Heilung braucht wie der geschlossene, da die Heilung durch den Abfluß des Blutergusses und eventuelle Entfernung von Knochensplittern stark gestört wird.

Wie bekannt, erfolgt die Knochenregeneration durch das Knochenmark und das Periost, vielleicht auch durch die den Knochen umgebende Muskulatur. Aber auch der Bluterguß und das Vorhandensein von Knochensplittern spielt eine wichtige Rolle. Wenn man die Pseudarthrosenbildung also auf rein mechanische Momente zurückführt und chemische Vorgänge als Ursache für die Pseudarthrosenbildung ablehnt, so ist nicht einzusehen, wieso das Abfließen eines Blutergusses rein mechanisch wirken und zur Pseudarthrosenbildung beitragen soll. Es ist umgekehrt mit größter Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß der günstige Einfluß des Blutergusses auf die bei dessen Zerfall freiwerdenden Fermente und andere chemische Momente zurückzuführen ist. Die Zusammenhänge sind jedoch leider noch fast vollkommen ungeklärt. Die Unkenntnis auf diesem Gebiet darf uns aber nicht verleiten, etwas abzulehnen, weil wir es noch nicht kennen, denn das Gegenteil dürfte noch viel schwerer zu beweisen sein. Das gleiche gilt für die Wirkung von zerrissenem Periost, Knochensplittern usw., denn auch diese können nicht rein mechanisch wirken. Jedoch können durch ihren Abbau chemische, morphologische und vor allem fermentative Vorgänge wirksam werden.

Gegen die Annahme, daß nur rein mechanische Momente die Ursache der Pseudarthrosenbildung sind, spricht die Erfahrungstatsache, daß bei multiplen Frakturen oft mehrere Frakturen komplikationslos fest werden, während sich aus einer Frakturstelle eine Pseudarthrose entwickelt. Besonders eindrucksvoll sind die Fälle, bei denen es sich um völlig gleichartige Brüche mit derselben Lokalisation handelt, z. B. bei Querbrüchen beider Unterschenkel. Trotzdem beide Brüche vollkommen gleich behandelt werden, und sich auf beiden Seiten durch Reposition eine gleich gute Stellung erzielen läßt, kann man mitunter beobachten, daß die eine Fraktur fest wird und aus der anderen eine Pseudarthrose entsteht. Man kann in diesen Fällen annehmen, daß der Körper gewissermaßen seine Kraft, einen Bruch zu heilen, erschöpft hat, und er nicht in der Lage ist, die Vorgänge, die zur Knochenbruchheilung notwendig sind, in so starkem Maße aufzubringen, um auch die zweite Fraktur fest werden zu lassen. Jedenfalls kann man mechanische Momente nicht dafür verantwortlich machen. Die Erfahrung, daß man eine Pseud-

arthrose mit Hilfe einer Aufsplitterung oder durch Becksche Bohrung, d. h. durch Wiedereröffnung der Markhöhle, zur Heilung bringen kann, spricht ebenfalls gegen das rein mechanische Moment als Pseudarthrosenursache, denn wie sollte die Eröffnung durch kleine Bohrlöcher die Mechanik so ausschlaggebend beeinflussen, daß die vorher ausgebliebene Bruchheilung jetzt einsetzt?

Die Zahl der über diese Frage angestellten Untersuchungen ist nur gering, sodaß man auch heute kein eindeutiges Urteil über diese Vorgänge fällen kann. Jedenfalls darf man aber nach aller Erfahrung nicht so weit gehen, die mechanischen Momente zu sehr in den Vordergrund zu stellen und die chemischen Vorgänge als Ursache abzulehnen. Außer den für die Pseudarthrose bereits genannten Ursachen muß auch noch die Interposition von Weichteilen zwischen die Fragmente als Ursache erwähnt werden. Es wäre zu erwarten, daß die interponierten Weichteile infolge des starken Druckes, mit welchem normalerweise die Fragmente infolge des Muskelzuges aufeinander gepreßt werden, bald nekrotisch und völlig abgebaut würden. Die Erfahrung bei der operativen Knochenbruchbehandlung lehrt jedoch, daß tatsächlich keine vollständige Nekrose und Resorption der interponierten Weichteile stattfindet, denn man findet nicht selten bei der Freilegung alter Frakturstellen am Bruchspalt eine dicke Schwarte, in der sich noch deutlich Muskelfasern nachweisen lassen. Dies ist allerdings noch kein eindeutiger Beweis für die ursächliche Bedeutung der Weichteilinterposition bei der Pseudarthrosenbildung. Der Verschluß der Markhöhle durch Muskulatur ist ja schließlich auch bei jeder dislocierten Fraktur zu beobachten. Wenn z. B. bei einer Oberschenkelfraktur die beiden Fragmente stark verschoben sind, so sind ja schließlich auch hier beide Bruchenden von Muskulatur umgeben. Trotzdem tritt hier nur selten eine Pseudarthrose auf. Hierbei handelt es sich allerdings um eine nicht der Nekrose anheimfallende Muskulatur, von der bekannt ist, daß sie bei der Callusbildung eine wichtige Rolle spielt. Es läßt sich nicht mit Sicherheit entscheiden, inwieweit die Interposition von Weichteilen in den Bruchspalt tatsächlich als Ursache für die Pseudarthrosenbldung anzusprechen ist. Die Erfahrung scheint jedenfalls dafür zu sprechen, daß die Interposition von Weichteilen die Bruchheilung stört.

Wir können also zusammenfassend sagen, daß folgende Momente von ursächlicher Bedeutung für die Pseudarthrosenbildung sein können: das Geschlecht und Alter der Betroffenen, die Lokalisation des Bruches, die Form des Bruches, die Größe der Knochen, Sperrwirkungen anderer Knochen, und schließlich die Interposition von Weichteilen, sowie chemische Vorgänge, über deren Natur nichts Genaueres bekannt ist. Welche dieser verschiedenen Faktoren gegebenenfalls wirksam sind, läßt sich nicht immer mit Bestimmtheit sagen und wird auch von Fall zu Fall verschieden sein. Oft wird erst nachträglich durch eine erfolgreiche Therapie bewiesen, daß das vorher als vermutliche Ursache angeschuldigte Moment als Ursache anzusehen ist, deren Beseitigung die Therapie zu einer kausalen werden ließ.

Wir kommen nun zu einer kritischen Betrachtung der bekanntesten der vielen vorgeschlagenen Behandlungsmethoden. Von allen zur Behandlung der Pseudarthrose vorgeschlagenen Verfahren hat sich uns die Beck'sche Bohrung oder die Aufsplitterung nach Kirschner am besten bewährt. Wenn auch Brand die Erfahrung gemacht hat, daß eine Fraktur trotz Verschluß der Markhöhle fest werden kann, so entspricht dies doch keineswegs der Regel, und die Erfahrung lehrt, daß das Eintreten dieses Ereignisses fast immer die Bildung einer Pseudarthrose im Gefolge hat. Die Voraussetzung zu einer durchgreifenden Pseudarthrosenbehandlung scheint uns die Eröffnung der Markhöhle zu sein, und dies wird durch beide Behandlungsverfahren erreicht. Wie schon erwähnt, haben wir im Gegensatz zu anderen Autoren keine schlechten Erfahrungen mit der Lane'schen Platte bei der Pseudarthrosenbehandlung gemacht. Wir benutzten die Lane'sche Platte wiederholt, um eine angefrischte oder angebohrte Pseudarthrose zunächst einmal ruhig zu stellen und vor allem bei schlechter Bruchstellung in der gewünschten Lage zu fixieren. Es ist mitunter außerordentlich schwierig, bei alten Pseudarthrosen mit Verbiegung der Achse der betreffenden Extremität und dadurch im Laufe der Zeit eingetretenen Verkürzung der Muskulatur und Bänder der betreffenden Seite noch eine günstige Achsenstellung zu erreichen. In diesen Fällen ist die Anwendung der Lane'schen Platte von Vorteil, weil es mit ihrer Hilfe gelingt, die Fragmente zunächst einmal in der gewünschten Stellung festzu-

halten. Wie in der Literatur schon häufig beschrieben wurde, kommt es im Laufe der nächsten Wochen zu einem Knochenabbau um die Schrauben herum. Bis dieses Ereignis aber eintritt, hat die Lane'sche Platte ihre Aufgabe erfüllt, und die Knochen stehen gut aneinander. Ein Abgleiten der Fragmente ist nicht mehr zu befürchten, und einer Entfernung der Lane'schen Platte steht nichts mehr im Wege. Diesen Eingriff kann man mit einer nochmaligen Bohrung oder Aufsplitterung verbinden. In diesem Zusammenhang sollen einige besonders interessante Pseudarthrosen beschrieben werden, die in den letzten Jahren von uns behandelt wurden.

1. 36jähriger Holzhauer. Am 10. 12. 1934 Bruch des linken Unterschenkels. Extension nach Kirschner. Nach 4 Monaten war der Bruch noch nicht fest. Markhöhle durch Knochendeckel im Röntgenbild abgeschlossen. 8. 4. 1935 Anfrischung der Bruchenden und Verschraubung des Bruches mit Lane'scher Platte. Gehgips. Es wurden im Laufe der weiteren Behandlung die Gipsverbände gewechselt. 21. 8. 1935 Entfernung der Platte, weil sie locker wurde. Der Bruch federte noch. Gleichzeitig Beck'sche Bohrung und Gehgipsverband. Keine Fibuladurchtrennung. 15. 11. 1935 Bruch fest, Gelenke gut beweglich. Verrichtet wieder seine Arbeit als Landwirt und Holzhauer.

2. 48jähriger Mann in gutem Allgemeinzustand. Am 6. 8. 1934 Bruch des rechten Oberschenkels. Auswärts etwa ein Jahr behandelt. Während dieser Zeit wurden die verschiedensten operativen Maßnahmen zur Anregung der Knochenbildung durchgeführt. Wiederholt Beck'sche Bohrung, Blutinjektion an die Bruchstelle, periarterielle Sympathektomie. Da keine Heilung des Bruches zu erreichen war, Überweisung in unsere Klinik am 19. 6. 1935. Die Bruchenden wurden angefrischt und mit Lane'scher Platte verschraubt. Gipsverbände. Schon nach einem Monat war eine allerdings noch geringe Callusbildung festzustellen, die aber im Laufe der nächsten Monate deutlich zunahm. Am 20. 1. 1936 federte der Bruch nur noch ganz wenig. Die Platte wurde, weil sie locker geworden war, entfernt, gleichzeitig wurde nochmals eine Beck'sche Bohrung vorgenommen. Anschließend Gehgips. Aus dem weiteren Verlauf ist nichts Nennenswertes zu erwähnen. Der Bruch

wurde allein durch eine weitere Gehgipsbehandlung fest. Seit dem 24. 8. 1936 verrichtet er wieder seine Arbeit als Landwirt.

3. 20jähriger gesunder Landwirt. Am 2. 8. 1935 durch Weichteilwunde komplizierter Bruch etwa in der Mitte des Unterschenkels. Starke Dislocation. Extension nach Kirschner. Danach gute Bruchstellung. Entfernung der Extension und Anlegung eines Gipsverbandes am 19. 9. 1935. Am 28. 10. 1935 Gehgips. Am 3. 12. 1935, also etwa 4 Monate nach dem Unfall war noch keine nennenswerte Callusbildung zu sehen. Beck'sche Bohrung. Anschließend Gehgips. Keine Fibuladurchtrennung. In den nächsten Monaten erhielt der Patient wiederholt neue Gipsverbände, mit denen er nun gehen konnte. Am 15. 3. 1936 wurde der letzte Gips entfernt. Der Bruch war fest. Am 13. 4. 1936 glitt er auf der Straße aus und zog sich an der alten Bruchstelle eine Refraktur zu. Es wurde lediglich ein Gehgips angelegt. Am 17. 7. 1936 war auch der neue Bruch wieder fest. Auch in diesem Falle handelte es sich um eine Pseudarthrose. Schon das Röntgenbild vom 8. 1. 1936, also 5 Monate nach erfolgter Fraktur zeigte einen Knochendeckel, der die Markhöhle des oberen Bruchendes abschloß. Nach der Beck'schen Bohrung und wiederholter Anlegung eines Gipsverbandes verkleinerte sich der Bruchspalt. Obwohl der Abschluß der Markhöhle immer deutlicher wurde, kam es doch zu einer festen Knochenvereinigung. Die Behandlung bestand also hier in der Anlegung von Gehgipsen.

4. 42jähriger Angestellter. Am 28. 10. 1935 Bruch des rechten Unterarms. Nach etwa 3 Monaten, am 22. 1. 1936, war der Bruch noch nicht fest. Patient wurde deshalb in unsere Klinik überwiesen. Bei der ersten Untersuchung wurde eine vollständige Pseudarthrose etwa in der Mitte des Radius festgestellt. Stufenförmige Anfrischung der Bruchenden. Gipsverband. Weiterhin Ruhigstellung bis 9. 6. 1936 durch eine kurze Hülse, sodaß alle Gelenke beweglich waren. Der Bruch war dann ganz fest. Das zuletzt angefertigte Röntgenbild läßt keinen Bruchspalt mehr erkennen.

5. 30jähriger gesunder Mann. Am 18. 11. 1935 Unterschenkelbruch. Auswärts behandelt. Da nach 5 Monaten der Bruch noch nicht fest war, wurde er von der Berufsgenossenschaft zur Behandlung in die Klinik eingewiesen. Aufnahme am 15. 4. 1936. Bruch noch nicht fest. Nur geringe Callusbildung. Im Röntgenbild deut-

licher Bruchspalt. Markhöhle des oberen Bruchstückes durch Knochendeckel abgeschlossen. Freilegung der Bruchstelle, Aufsplitterung nach Kirschner, Gehgips, keine Fibuladurchtrennung. Nach 6 Wochen Bruchspalt wesentlich kleiner, füllt sich zum Teil durch neugebildeten Knochen aus. Am 6. 9. 1936 Bruch vollständig fest. Im Röntgenbild kräftige Knochennarbe. Gelenkfunktion vollständig. Nimmt die Arbeit wieder auf.

Die hier angeführten Krankengeschichten können natürlich nur als Beispiel für unser Vorgehen in der Pseudarthrosenbehandlung dienen. Es erübrigt sich, alle von uns behandelten Pseudarthrosen anzuführen, da deren Behandlung im Wesentlichen mit den beschriebenen übereinstimmt. Schon aus diesen wenigen Beispielen ist ersichtlich, daß durch die Beck'sche Bohrung, bzw. Kirschner'sche Aufsplitterung und durch die Bolzung der Knochenenden im Gehgips sehr schöne Erfolge zu erzielen sind. In dieser Hinsicht stimmt unsere Therapie durchaus mit der Böhlers überein. Wir fürchten jedoch im Gegensatz zu Böhler nicht, daß die Behandlung mit Lane'schen Platten zu Pseudarthrosen führt. Wir verwenden die Lane'sche Platte ohne Bedenken da, wo es notwendig ist, die Fragmente zunächst einmal für eine gewisse Zeit fest aufeinander zu stellen. Ob man die Lane'sche Platte später entfernt, wie wir es taten, oder ob man sie liegen läßt, ist unseres Erachtens belanglos. Wenn wir die Platte entfernten, so taten wir es nicht deshalb, weil wir durch das Belassen der Platte einen nachteiligen Einfluß auf die Bruchheilung befürchteten, sondern da wir die Platte als überflüssig ansahen, wenn sie durch die inzwischen aufgetretene Lockerung der Schrauben im Knochen ihre Aufgabe nicht mehr erfüllte, und weil wir gleichzeitig mit der Entfernung der Platte eine ausgedehnte Beck'sche Bohrung vornahmen. Unsere Behandlungserfolge bei diesem Verfahren sind eindeutig. Alle von uns bisher behandelten Pseudarthrosen sind durch die Anwendung der Beck'schen Bohrung, bzw. der Aufsplitterung nach Kirschner fest geworden. Es ist uns keine Pseudarthrose bekannt, bei der diese Behandlung versagt hätte.

Natürlich ist nicht in allen Fällen die Anwendung der Lane'schen Platte notwendig, und wir selbst waren anfangs, durch die Literatur gewarnt, in deren Anwendung sehr zurückhaltend. Die

Aufgabe der Lane'schen Platte besteht lediglich, wie schon gesagt, in der guten Fixation der Bruchenden und in der absoluten Ruhigstellung. Können diese beiden Forderungen durch andere Mittel erreicht werden, wie z. B. ungepolsterte Gipsverbände, so erübrigt sich die Anwendung derselben.

Außer der guten Aufeinanderstellung der Bruchenden und ihrer absoluten Ruhigstellung erscheint uns die Eröffnung der Markhöhle sehr wesentlich. Ob diese Eröffnung durch die Beck'sche Bohrung oder die Aufsplitterung nach Kirschner erreicht wird, ist im Erfolg gleich. Die Kirschner'sche Aufsplitterung stellt einen etwas größeren Eingriff dar.

Mit gutem Erfolg haben wir oft die Bolzung vorgenommen. Meistens verwandten wir dazu einen mit Periost bedeckten Tibiaspan, der nach Eröffnung der Markhöhle durch Silberdrähte in einer zu diesem Zweck angelegten Knochenrinne befestigt wurde.

In zwei Fällen wurde durch Resektion Heilung erzielt.

Den günstigen Einfluß der Fibuladurchtrennung auf die Heilung mancher Tibiapseudarthrosen konnten wir in einem Falle ebenfalls feststellen.

Medikamentös wurden Kalk, Thyroxin, sowie Cebion und andere Vitamine verabreicht, lokal wurden wiederholt Injektionen mit Osteophyt oder Eigenblut angewandt. Inwieweit diese Therapie zu dem Erfolg beitrug, läßt sich nicht nachprüfen, da diese Maßnahmen gleichzeitig mit den chirurgischen Eingriffen durchgeführt wurden.

Abschließend kann man also sagen, daß die Prognose einer Pseudarthrose lange nicht mehr als so infaust anzusehen ist, wie dies früher der Fall war. Wenn es auch Fälle gibt, bei denen das bei uns bevorzugt angewandte Verfahren nicht zum Ziele führt, so sind diese doch, von ganz wenigen Fällen, die jeder Behandlung trotzen abgesehen, durch andere Methoden, wie Resektion, Spaneinpflanzung, Aufhebung der Sperrwirkung anderer Knochen durch Osteotomie oder Herstellung normaler bewegungsphysiologischer Funktion usw. in Heilung überzuführen.

Zusammenfassung.

Aus neueren Statistiken geht eindeutig die Zunahme der Pseudarthrosenhäufigkeit hervor. Die Zunahme der Pseudarthrosen verpflichtet:

1. Zur Forschung nach der Ursache.
2. Zu Prüfung und Ausbau der Behandlungsmethoden.

Als Ursache der Pseudarthrosenzunahme werden die verschiedensten Umstände, insbesondere mechanische Momente, die zum Teil auf die Verfahren der modernen Bruchbehandlung zurückgeführt werden, verantwortlich gemacht. Einer Kritik halten alle angeschuldigten Ursachen nicht stand.

Als Ursachen werden zur Zeit angesehen:

1. Hohes Alter und Allgemeinerkrankungen.

Mitunter ist die Heilung verzögert, aber es treten keine Pseudarthrosen auf. Im Gegenteil fanden wir Pseudarthrosen gehäuft bei jungen und gesunden Leuten. Außer bei Schenkelhalsfraktur sahen wir bei alten Personen nie das Auftreten einer Pseudarthrose. Aber auch die Pseudarthrosen des Schenkelhalses sind nicht Folge des Alters, sondern einer unsachgemäßen Behandlung und Folge der intraarticulären Lage. Erfolge durch Whitman-Gips zeigen, daß die Pseudarthrosen nicht Folge des Alters, sondern der früher fehlenden Behandlung sind. An den Röhrenknochen traten keine Pseudarthrosen auf, sondern es erfolgte oft überraschend schnelle Heilung.

2. Fraktur mit gleichzeitiger lokaler Erkrankung.

a) mit Tbc.

Eine nachteilige Wirkung auf die Consolidation konnte von uns nicht beobachtet werden.

b) mit Osteomyelitis.

Eventuell kommt es vorübergehend zu einem Aufflackern der Osteomyelitis mit Absceß- und Fistelbildung. Die der Osteomyelitis eigene reaktive Knochenneubildung kommt aber auch dem Bruch zugute.

c) mit Knocheneiterung.

Diese sehen wir schließlich bei jeder komplizierten Fraktur, die

nicht primär heilt. Bei erheblicher Eiterung ist die Callusbildung mitunter gering oder fehlt. Sobald jedoch die Infektion beherrscht ist durch Sorge für guten Eiterabfluß, absolute Ruhestellung, eventuell Entfernung von Knochensplittern oder Sequestern, tritt die knöcherne Heilung oft überraschend schnell ein.

d) mit Ostitis fibrosa.

Die Consolidation erfolgte innerhalb normaler Zeitgrenzen.

3. Schlechte Lage der Bruchenden.

Eine exakte Reposition ist zwar nötig, aber umgekehrt ist eine schlechte Stellung nicht Ursache der Pseudarthrose, wie viele in schlechter Stellung festgewordene Knochenbrüche beweisen.

4. Unterbrechung der Ruhigstellung.

Bei Navikularfraktur trifft dies ohne Frage zu. Vielleicht ist auch die häufige Reposition Ursache infolge unterbrochener Ruhigstellung. Enderfolg: gute Stellung, aber langsame Heilung.

5. Distraktion.

Als Gegenbeweis, daß Diastase der Bruchenden nicht als Pseudarthrosenursache in Frage kommen kann, mögen die zahlreichen komplikationslos verheilten Defektbrüche gelten.

6. Röntgenstrahlen.

Die Einwirkung ist fraglich. Es wird wohl die Behauptung aufgestellt, sie erscheint jedoch auf Grund neuerer Statistiken nicht erwiesen.

7. Lane'sche Platte.

Die Lane'sche Platte wird vielfach zur primären Verschraubung abgelehnt. Diese Erfahrung kann unsererseits nicht bestätigt werden. Wir sahen nach Verschraubung nie eine Pseudarthrose auftreten. Im Gegenteil benutzen wir die Lane'sche Platte zur Behandlung von Pseudarthrosen.

Wann tritt Pseudarthrose auf?

Es gibt Voraussetzungen, die die Pseudarthrosenbildung begünstigen:

1. Geschlecht. Das männliche Geschlecht wird bevorzugt betroffen.
2. Alter. Es sind vor allem junge und gesunde Menschen, bei denen sich eine Pseudarthrose entwickelt.

3. Lokalisation. Bevorzugt neigen zur Pseudarthrosenbildung unteres Drittel des Schienbeins und Unterarmmitte.
4. Bruchform. Meist sind es Quer- und Schrägbrüche, selten Spiralbrüche, die eine Pseudarthrose im Gefolge haben.
5. Größe der Knochen. Beispielsweise wird die Tibia häufig betroffen, dagegen die Fibula selten.
6. Mechanische Momente. Z. B. Störung der bewegungsphysiologischen Funktion des betreffenden Gliedes.
7. Chemische Momente, wie Abfluß des Hämatoms, Entfernung von Knochensplittern, Erschöpfung des Organismus bei multiplen Frakturen.
8. Interposition von Weichteilen.

Behandlung.

1. Medikamente: Kalk, Thyroxin, Cebion und andere Vitamine.
2. Blutinjektionen.
3. Eröffnung der Markhöhle. Dabei ist es gleich, ob dies durch Kirschnersche Aufsplitterung, Becksche Bohrung oder durch Anfrischung der Bruchenden geschieht.
4. Gute Aufeinanderstellung der Bruchenden.
5. Absolute Ruhigstellung.
6. Bolzung.

Die drei letzten Forderungen werden durch den ungepolsterten Gehgips und eventuell durch die Lane'sche Platte erfüllt. Wir verwenden die Lane'sche Platte ohne Bedenken, da durch sie eine absolute Ruhigstellung und Fixation der Bruchenden aufeinander erreicht wird. Ob die Platte später entfernt wird oder verbleibt, ist belanglos.

Literatur.

Anglesio und A. Bruni, Pseudartrosi di ossa operatoriamente. Boll. Soc. Piemont. Chir. 5, H. 4 (1933).

Anschütz, Vermehrtes Wachstum der Fibula bei Tibiadefekten. Münch. Med. Wschr. 1912.

Beck, Die Behandlung der Pseudarthrosen durch Bohrung. Zbl. Chir. 1931, 2802.

Bier, Beobachtungen über Knochenregeneration. Arch. klin. Chir. 100 91.

— Hyperämie als Heilmittel. Vogel, Leipzig (1905).

— Die Bedeutung des Blutergusses für die Heilung des Knochenbruches. Med. Klin. 1905, 1/2.

— Über Knochenregeneration, über Pseudarthrosen und über Knochentransplantate. Arch. klin. Chir. 127, 1.

— Beobachtung über Regeneration bei Menschen. Dtsch. Med. Wschr. 1917—1919.

— Über Pseudarthrosenbildung. Münch. Med. Wschr. 1920, 8.

Böhler, Die Technik der Knochenbruchbehandlung. Mandrich, Wien 1930.

— Die Ursachen der Pseudarthrosenbildung und ihre Behandlung. Klin. Wschr. 1928, 1332.

— Pseudarthrosenbehandlung mit der Beckschen Bohrung. Zbl. Chir. 1930, 1654.

— Die Ursachen der schlecht geheilten Knochenbrüche und ihre Verhütung. Z. orthop. Chir. 58 (B) 374.

Braeucker, Über die Ursachen der verzögerten oder ausbleibenden Frakturheilung. Z. orthop. Chir. 58 (Kongr.H.), 452.

Brand, G., Verzögerte Knochenbruchheilung und Pseudarthrosenbildung. Thieme, Leipzig 1937.

Brandes, 51. Tagung d. dtsch. Gesellsch. f. Chir. 1927, 1455.

Bruns, Die Lehre von den Knochenbrüchen. Enke, Stuttgart 1886. — Dtsch. Chir. 26/27.

Buresch, Pseudarthrose und Muskel. Arch. klin. Chir. 143, 739.

Dauriac, Pathogénie des membres ballantes et des pseudarthroses. (Bull. de l'acad. de méd. Paris 83. Jahrg. BL XXXII Nr. 34 S. 258, 1919 Nov. 4).

Felix, Beziehungen des Nervensystems zur Entzündung und zur Knochenregeneration. Dtsch. Z. Chir. 193, 196.

Fischer A. W., Resektion einer Pseudarthrose am Ort einer osteomyelitischen Fraktur. Zbl. Chir. 1936 Nr. 16.

v. Frisch, Erfahrungen mit der Laneschen Methode bei Behandlung der Kriegspseudarthrosen. Arch. klin. Chir. 110, 722.

Fukase, Über die Beeinflussung der Frakturheilung durch Röntgenstrahlung. Fortschr. Röntgenstr. 41, 581.

Fuß und Faber, Zur Bedeutung des Blutergusses bei der Frakturheilung. Dtsch. Z. Chir. 232, 658.

Hellstadius, Über die Ursachen der diaphysen Pseudarthrosen an den langen Röhrenknochen der Extremitäten. Med. Welt 1935, 186.

Israel A., Avitaminose und Knochenbruchheilung. Chir. Kongr. 1926; Arch. Chir. 138, 105.

— Versuche über den Einfluß der Schwangerschaft auf die Heilung von Knochenbrüchen. 51. Tg. d. dtsch. Gesellsch. f. Chir. Zbl. Chir. 1927, 1454.

Kapsammer, Das Verhalten des verletzten Knochens nach Ischiadicusdurchschneidung. Arch. klin. Chir. 56, 348.
Katzenstein, Experimentell erzeugte Pseudarthrosen. Zbl. Chir. 1920, 122.
Kusmin, Über den Einfluß der Nervendurchschneidung auf die Callusbildung bei Frakturen. Allg. Wien. med. Ztg. 1882.
Latten, Über die Einwirkung der Röntgenstrahlen auf die Heilung der experimentellen Kaninchenfraktur. Arch. klin. Chir. 163, 427.
Lexer, Wiederherstellungschirurgie. Barth, Leipzig (1920).
— Kuliga und Türk, Untersuchungen über Knochenarterien. Hirschwald, Berlin (1904).
— Über den zeitlichen Ablauf der Heilvorgänge am Knochenbruch. Beitr. klin. Chir. 159, 372.
Muscatello und Damascelli, Über den Einfluß der Nervendurchschneidung auf die Heilung von Knochenbrüchen. Arch. klin. Chir. 58, 937.
v. Redwitz, Der derzeitige Stand der Pseudarthrosenfrage. Arch. klin. Chir. 182, 649.
Rehn, Zur Regeneration des Knochenmarks usw. Arch. klin. Chir. 97, 35; Beitr. klin. Chir. 117, 608.
— Fraktur und Muskel. Arch. klin. Chir. 127, 640.
— Über Muskelzustände bei Knochenbrüchen und ihre Bedeutung für die Frakturbehandlung. Arch. klin. Chir. 133, 410.
Salvetti, Über den Einfluß der Röntgenstrahlen auf die Bildung der Knochennarbe. Dtsch. Z. Chir. 128, 30.
Schmieden, Die Behandlung der Pseudarthrose und der verspäteten Callusbildung mit Bluteinspritzung. Med. Klin. 1907, 197.
Stalmann, Pseudarthrosenbildung und vegetatives Nervensystem. Zbl. Chir. 1933, 2453; Virchows Arch. 289, H. 1.
Tammann, Über die Störung der Frakturheilung. Brun's Beitr. klin. Chir. 160, 544.
— Über den Einfluß der Röntgenstrahlen auf die Frakturheilung. Brun's Beitr. klin. Chir. 128, 536.
— Über einen Fall von Pseudarthrosenbildung nach Fraktur während der Schwangerschaft. Zbl. Chir. 1926, 891.
Timpe, Zur Behandlung der generalisierten Ostitis fibrosa. Brun's Beitr. klin. Chir. 1936. B. 164.
Vogel, Über Frakturheilung mit besonderer Berücksichtigung der Bedeutung des Blutergusses für die Callusbildung. Dtsch. Z. Chir. 91, 141.

Lebenslauf.

Am 13. März 1912 wurde ich Arnold Bernhammer zu Nieder-Meilingen (Untertaunus) als Sohn des Lehrers Theodor Bernhammer und seiner Ehefrau Hilda, geb. Pfeiffer, geboren. Bis zu meinem 8. Lebensjahr lebte ich in Egenroth (Untertaunus) und besuchte dort 2 Jahre die Volksschule. Nach der Versetzung meines Vaters nach Eisemroth (Dillkreis) besuchte ich die dortige Volksschule noch 3 Jahre und trat dann in die Quinta der Mittelschule Herborn ein. Ostern 1927 trat ich in die Untersekunda der Oberrealschule Gießen über und bestand an derselben Ostern 1931 meine Reifeprüfung. Ich studierte dann 7 Semester Medizin an der Universität Gießen und bestand am Ende des Wintersemesters 1933/34 daselbst das ärztliche Vorexamen. Im Wintersemester 1934/35 studierte ich an der Universität München und später wieder in Gießen. Im Frühjahr 1937 legte ich in Gießen das ärztliche Staatsexamen ab. Vom 1. August 1937 bis zum 1. April 1938 praktizierte ich an der Chirurgischen Universitätsklinik Gießen. Seit 1. April bin ich als Praktikant an der Mediz. Universitätspoliklinik tätig.

Für die Anregung der Arbeit bin ich Herrn Doz. Dr. med. habil. O. Timpe, Oberarzt an der Chirurgischen Univ.-Klinik, zu größtem Dank verpflichtet. Nach dessen plötzlichem Tode war Herr Professor Dr. F. Bernhard so liebenswürdig, mich zu beraten und das Referat zu übernehmen, wofür ich ihm auch an dieser Stelle herzlichsten Dank ausspreche.